

AGROFORESTRI UNTUK ADAPTASI DAN MITIGASI PERUBAHAN IKLIM (*Agroforestry for Mitigating and Adapting Climate Change*)

Oleh / By :

Tigor Butarbutar¹

¹Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan, Jalan Gunung Batu No. 5, P.O. Box. 272, Bogor 16118. Telp. (0251) 8633944, Fax (0251) 8634924, e-mail : tigtars@yahoo.co.id

Diterima 20 April 2011, disetujui 1 November 2011

ABSTRACT

The disappearing of forest land cover by conversion to plantation, settlement, agriculture and to fulfill the needs of other sectors has changed the climate pattern in some areas. The climate change can be addressed by mitigation and adaptation in forestry sector. Mitigation is related with the efforts to reduce the effect of climate change, meanwhile adaption is related to adjustment by the implementation of activities to increase resistance to insects, disease, and wildfire; increasing resilience for recovering after a disturbance; and assisting migration-facilitating the transition to the new condition by introducing better-adaptive species, expanding genetic diversity, encouraging species mixture and providing refugia. Mitigation and adaptation for climate change can be addressed by developing of agroforestry system based on several reasons such as : a) mixed species of tree, fruit, etc, as a mixed species better than pure plantation; b) species mixture based on tolerance characteristics (canopy and understory), so it will use the whole space of sun light for photosynthesis c) mixed-age stand; d) mixed-age harvesting; e) mixed of economy, social and cultural values, therefore the vegetation change will happen together with the social and cultural change gradually as adjusted to climate change and f) model for facilitation for the new group of vegetation, such as the changing vegetation by normal shifting cultivation.

Keywords: Agroforestry, climate change, mitigation, adaptation and mixed-species

ABSTRAK

Hilangnya tutupan lahan hutan karena konversi hutan untuk pemukiman, perkebunan, pertanian dan kebutuhan untuk pembangunan di sektor lain, telah menyebabkan perubahan pola cuaca/iklim di berbagai tempat. Perubahan iklim dapat diantisipasi dengan mitigasi dan adaptasi. Mitigasi berarti usaha-usaha pencegahan yang perlu dilakukan, sedangkan adaptasi merupakan kegiatan-kegiatan penyesuaian yang perlu dilakukan untuk dapat hidup dan bertahan dan meningkatkan ketahanan, kelenturan dan mengarah ke migrasi karena kondisi iklim yang berbeda. Agroforestri dapat memitigasi dan mengadaptasi perubahan iklim dengan alasan-alasan sebagai berikut: a) Pencampuran jenis pohon penghasil kayu, buah dan lain-lain, karena campuran jenis lebih baik dari tanaman murni; b) Pencampuran jenis yang didasarkan pada sifat toleransi (*canopy* dan *understory*), sehingga akan memanfaatkan seluruh cahaya untuk fotosintesis; c) Pencampuran perbedaan umur; d) Pencampuran berdasarkan perbedaan waktu pemanenan; e) Penggabungan nilai ekonomi, sosial dan budaya sehingga perubahan vegetasi dapat berjalan seiring dengan perubahan sosial dan budaya secara berangsur yang dapat disesuaikan dengan perubahan iklim; dan f) Dapat digunakan sebagai model untuk memfasilitasi perubahan kelompok vegetasi menjadi kelompok yang baru (adaptasi), seperti teori perubahan vegetasi melalui perladangan berpindah-pindah yang teratur.

Kata kunci: Agroforestri, perubahan iklim, mitigasi, adaptasi dan campuran jenis

I. PENDAHULUAN

Dalam "cancun agreement" disebutkan bahwa untuk mengantisipasi akibat implementasi dari kegiatan pengurangan emisi, masyarakat yang dirugikan baik secara sosial dan ekonomi dapat mengusulkan berbagai program yang akan dinegoisasikan pada COP 17 mendatang di Durban, Afrika Selatan. Berbagai permasalahan yang mungkin berbenturan dengan kepentingan sosial dan ekonomi masyarakat akibat penerapan kegiatan-kegiatan pengurangan emisi, seperti di sektor kehutanan dapat diantisipasi dengan mengusulkan agroforestri sebagai kegiatan dispensasi. Sebelumnya pada tahun 1992 Konvensi Perubahan Iklim (*United Nations Framework Convention on Climate Change-UNFCCC*) ditandatangani, belum ada upaya nyata pengurangan emisi gas rumah kaca sebagai upaya dari aktivitas manusia. Kemudian pada *Conference of the Parties* (COP)-3 tahun 1997 di Kyoto dicetuskan suatu protokol yang menawarkan *flexibility mechanism*, yang memungkinkan negara-negara industri memenuhi kewajiban pengurangan emisi *green houses gases* (GHG)-nya melalui kerjasama dengan negara lain baik berupa investasi dalam *emission reduction project* maupun *carbon trading*. Di bawah Kyoto Protocol negara-negara industri diharuskan menurunkan emisi GRK minimal 5% dari tingkat emisi tahun 1990, selama tahun 2008-2012. Sampai saat ini, skema ini belum menunjukkan hasil dalam usaha pengurangan emisi, baik di negara maju maupun di negara berkembang. Kemudian pada tahun 2007 proses negosiasi untuk memasukkan deforestasi sebagai bagian dari pengurangan emisi muncul pada Konferensi Para Pihak Konvensi Perubahan Iklim ke-13 (COP 13) di Bali, sebagai bagian kelanjutan dari Protokol Kyoto. Rencana ini mengakui pentingnya hutan dalam mengatasi perubahan iklim dan

besarnya potensi yang terkandung dalam skema *Reduction of Emission from Deforestation and Degradation* (REDD) yang kemudian diperluas menjadi REDD+ (yang berarti pengurangan emisi dari kegiatan deforestasi dan degradasi hutan, usaha konservasi, pengelolaan hutan lestari dan peningkatan stok karbon).

Sampai saat ini pemerintah Indonesia telah melakukan berbagai aktivitas untuk kesiapan implementasi REDD+ pada tahun 2012 baik yang bersifat teknis maupun kebijakan. Kegiatan yang bersifat teknis meliputi pembangunan *Demonstration Activities* di berbagai wilayah. *Demonstration Activities* ini merupakan percontohan berbagai kegiatan yang dapat mengurangi emisi dari deforestasi, degradasi hutan, konservasi, manajemen hutan lestari dan peningkatan stok karbon. Berbagai kebijakan yang sudah diterbitkan pemerintah saat ini adalah : (a) Peraturan Menteri Kehutanan No.P/68/Menhut-II/2008 tentang Penyelenggaraan *Demonstration Activities* untuk Pengurangan Emisi Karbon dari Deforestasi dan Degradasi Hutan; (b) Peraturan Menteri Kehutanan No.P.36/Menhut-II/2009 tentang Tata Cara Perijinan Usaha Pemanfaatan Penyerapan dan/atau Penyimpanan Karbon pada Hutan Produksi dan Hutan Lindung; (c) Peraturan Menteri Kehutanan No.P.30/Menhut-II/2009 tentang Tata Cara Pengurangan Emisi dari Deforestasi dan Degradasi Hutan (REDD) dan (d) Instruksi Presiden Nomor 10 Tahun 2011 Tentang Moratorium Pemberian Izin Konversi Hutan Primer dan Bergambut selama 2 (dua) tahun (2011-2013).

Jika dilihat dari perkembangan yang terjadi dari penerapan berbagai kebijakan di atas, berbagai benturan antara kepentingan pengurangan emisi, pembangunan ekonomi dan keberadaan masyarakat setempat (yang hidup di sekitar hutan atau *indigenous people*) dapat menyebabkan implementasi REDD+ menjadi

tidak maksimal di masa mendatang. Tulisan ini bermaksud untuk menguraikan bahwa agroforestri dapat menjadi salah satu kegiatan alternatif yang moderat untuk mengakomodasi berbagai benturan di atas. Selanjutnya agroforestri ini dapat menjadi kegiatan yang diusulkan untuk mendapatkan insentif dari implementasi skema REDD+ setelah tahun 2013.

II. AGROFORESTRI

Agroforestri adalah merupakan model pengelolaan hutan yang bertujuan untuk meningkatkan produktifitas lahan berupa hasil hutan, hasil pertanian/peternakan/perikanan sehingga masyarakat dapat memperoleh hasil dalam jangka pendek, menengah dan jangka panjang. Prinsip dalam agroforestri adalah keseimbangan lingkungan, ekonomi dan sosial. Zomer, *et al. dalam* Dawson, *et al.* (2011) menyebutkan sekitar 56 juta penduduk dunia hidup dari sistem agroforestri. Sedangkan Acharya, *et al. dalam* Dawson, *et al.* (2011) mengatakan bahwa budidaya pohon dalam sistem agroforestri oleh masyarakat pedesaan, dapat mengonservasi ratusan jenis pohon setempat (konservasi insitu) di lahan pertanian.

Apabila dilihat dari prinsip-prinsip di atas (peningkatan produktifitas lahan yang berbasis lingkungan dan sosial), model agroforestri dapat memitigasi dan mengadaptasi perubahan iklim dengan alasan-alasan sebagai berikut: a) Pencampuran jenis pohon penghasil kayu, buah dan lain-lain merupakan salah satu model tanaman campuran, karena campuran beberapa jenis lebih baik dari hanya satu jenis (dari segi pencegahan hama & penyakit dan jumlah karbon yang diserap); b) Pencampuran jenis yang didasarkan pada perbedaan sifat toleransi (*canopy* dan *understory*), karena akan memanfaatkan seluruh cahaya untuk fotosintesa; c) Pencampuran tanaman dari berbagai

umur, yang dipanen adalah yang sudah siap panen (miskin riap atau tidak melakukan penyerapan karbon yang tinggi lagi), sehingga memberi kesempatan untuk tanaman dengan umur relatif lebih muda untuk mendapat cahaya lebih banyak dan pada akhirnya akan menyerap karbon lebih banyak, sehingga fungsi mitigasi dan adaptasi sekaligus dapat terjadi; d) Penggabungan nilai ekonomi, sosial dan budaya sehingga perubahan vegetasi dapat berjalan seiring dengan perubahan sosial dan budaya secara berangsur yang dapat disesuaikan dengan perubahan iklim dan e) Dapat digunakan sebagai model untuk memfasilitasi perubahan kelompok vegetasi menjadi kelompok yang baru (adaptasi), seperti teori perubahan vegetasi melalui perladangan berpindah-pindah yang teratur (Malmsheimer, 2008). Selanjutnya beberapa keterkaitan model agroforestry dapat memitigasi dan mengadaptasi perubahan iklim sebagai berikut:

Adaptasi dapat dilakukan melalui : a) peningkatan daya lentur (*resilience*), karena adanya pencampuran jenis yang mempunyai ketahanan yang berbeda terhadap temperatur, jika terjadi kenaikan suhu jenis-jenis yang tadinya dapat tumbuh pada temperatur yang lebih tinggi akan lebih *survive*, sedangkan jenis lainnya akan menurun pertumbuhannya, tetapi jumlah karbon yang diserap akan sama; b) Peningkatan daya tahan (*resistancy*), jika terjadi kenaikan suhu, secara total produktifitas atau daya serap sistem akan terhadap CO₂ tidak akan terganggu karena ada penyesuaian-penyesuaian yang disebabkan oleh berbagai tanaman campuran yang mempunyai karakteristik fisiologi yang relatif berbeda dan c) Migrasi, berarti karena pada batas tertentu seluruh unsur atau jenis yang dalam sistem agroforestri tidak lagi toleran terhadap perubahan suhu yang ada, sehingga pada beberapa kasus unsur ekosistem tertentu atau jenis tertentu akan berpindah tempat ke tempat yang lebih sesuai, hal ini akan dibantu

dengan proses alam, baik secara langsung maupun tidak. Sebagai contoh jenis-jenis fauna tertentu akan menyebarkan bahan tanaman dari jenis-jenis yang tadinya toleran terhadap suhu 25°C, karena kenaikan suhu jadi 30°C, jenis tersebut akan mencari tempat yang lebih tinggi (seperti beberapa jenis anggrek di kebun raya, berkurang jumlahnya dan di daerah Pangrango jenis tersebut meningkat). Jenis-jenis pohon tropis yang tadinya hanya ada di daerah khatulistiwa maka pada suatu saat karena terjadi pemanasan di khatulistiwa, jenis ini secara gradual yang membentuk populasi digaris lintang yang lebih ke utara. Sebagai contoh laporan terkini dari tim peneliti Britania Inggris hasil pengamatan selama 40 (empat puluh) tahun terakhir pengaruh perubahan iklim (kenaikan temperatur) terhadap sekitar 2000 jenis tumbuhan, hewan dan insekta di daerah khatulistiwa mulai dari Amerika Utara dan Amerika Selatan, Malaysia dan Eropa telah menemukan bahwa pergerakan jenis-jenis tersebut lebih cepat tiga kali dari yang diperkirakan sebelumnya ke daerah yang altitude lebih tinggi dan altitude yang lebih tinggi mencari tempat yang lebih dingin, selanjutnya disebutkan dalam satu dekade terjadi pergerakan 17 km/10 tahun atau sekitar 20 cm/jam dan juga pergerakan ke atas gunung 1 m/tahun (Science, 2011).

Agroforestri dapat berfungsi mitigasi dengan membandingkan tapak yang sebelumnya tanpa vegetasi dengan agroforestri akan menyimpan karbon atau akan menyerap karbon, sehingga efek GRK akan berkurang. Jika dibandingkan dengan vegetasi berhutan, akan berbeda, tetapi pencegahan disini tidak berarti pencegahan total, tetapi mengurangi emisi GRK dengan menyerap karbon yang ada. Sistem agroforestri juga dapat berkontribusi terhadap perubahan iklim melalui perbaikan iklim mikro dan pencapaian ketahanan pangan (N'Klo, *et al.* 2011). Nair *et*

al dalam N'Klo, *et al.* 2011) melaporkan studi penyerapan karbon di lima negara termasuk Mali ditemukan sistem agroforestri yang berbasis pohon menyimpan karbon yang lebih banyak dalam lapisan tanah yang lebih dalam pada keragaman jenis yang lebih tinggi dan kerapatan pohon yang lebih tinggi.

Manajemen sistem agroforestri berpeluang penting dalam menciptakan sinergi diantara aksi mitigasi dan adaptasi (Verhot, *et al.* 2006). Areal yang cocok untuk agroforestri diperkirakan mencapai 585 - 1215 juta hektar dengan potensi teknis mitigasi $1,1 - 2,2 \times 10^{15}$ gram C (Pg C) di ekosistem daratan untuk 50 tahun kedepan (Albert dan Kandji, 2003 *dalam* IPCC, 2007). Agroforestri juga membantu menurunkan tekanan terhadap hutan alam dan mendukung konservasi tanah dan memberikan jasa ekologis untuk peternakan (Mudiarso, *et al.* 2005 *dalam* IPCC, 2007). Selanjutnya Sanzech (2000) menyebutkan kegiatan agroforestri dapat menyerap tambahan karbon 57×10^6 gram (Mg C) per hektar (nilai ini 3 kali lebih tinggi dari pada lahan pertanian atau padang rumput). Transformasi lahan pertanian (*crop lands*) menjadi agroforestri diperkirakan akan menyimpan karbon tiga kali lebih tinggi selama 20 (dua puluh) tahun.

Budidaya pohon dengan model agroforestri mempunyai potensi untuk mengurangi eksploitasi pohon dari hutan alam, kontribusi terhadap konservasi *in situ*, mengurangi deforestasi, mengurangi emisi GRK dan menangkap karbon di lahan pertanian (Jamnadas *et al.* 2010 dan Nair *et al.* 2009 *dalam* Dawson *et al.* 2010).

III. PERAN AGROFORESTRI TERHADAP ADAPTASI

A. Peran Agroforestri

Peran agroforestri terhadap adaptasi perubahan iklim dapat dilihat dari 3 (tiga) pen-

dekatan, yaitu : 1) pemindahan/translokasi germaplasma ; 2) adaptasi genetik lokal dan 3) peran plastisitas jenis.

1. Translokasi germaplasma

2007 kecepatan migrasi jenis di hutan alam daerah *temperate* karena perubahan iklim antropogenik ditaksir lebih dari 1 (satu) km per tahun atau 10 (sepuluh) kali kecepatan perubahan iklim secara alam. Migrasi ini dibutuhkan pohon untuk mengadaptasi ketidaksesuaian fisiologi dan untuk mempertahankan/menyesuaikan dengan perubahan temperatur dan curah hujan pada tingkat taxa (Person, 2006 dalam Dawson *et al.* 2011).

Cara mengadaptasi jenis-jenis pohon hutan atau kelompok jenis hutan cenderung akan bergerak ke arah belahan bumi utara dan naik ke elevasi yang lebih tinggi. Pemanasan global (*global warming*) dapat menambah hutan *montane*, *grassland* dan hutan *arid*. Dalam konteks manajemen, sistem agroforestri merupakan fasilitator translokasi (yang tidak terjadi di hutan alam). Fasilitasi ini termasuk pengaruh manusia seperti dalam pengangkutan bibit dan biji, mikroorganisme seperti bakteri pengikat nitrogen dan binatang/serangga penyerbuk (*pollinators*). Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam translokasi germaplasma adalah kesesuaian tempat tumbuh dan variasi jenis, pertukaran germaplasma antar negara dan akses petani terhadap sumber genetik yang cocok.

a. Kesesuaian tempat tumbuh dan variasi jenis

Weber *et al.* dalam Dawson *et al.* (2010) menyebutkan, berdasarkan pengujian yang dilakukan terhadap biji yang berasal dari berbagai pola curah curah terhadap pertumbuhan, direkomendasikan bahwa transfer germaplasma jenis harusnya terjadi satu arah dari daerah kering ke daerah yang lebih basah. Pertukaran seperti ini akan menghasilkan

pertumbuhan yang lebih baik di daerah asalnya.

b. Pertukaran germaplasma antar negara

Pertukaran germaplasma antar negara penting untuk meningkatkan keanekaragaman masing-masing negara dan pada akhirnya akan meningkatkan daya tahan ekosistem jika terjadi perubahan iklim, atau dengan kata lain pada suatu saat jenis germaplasma tersebut akan dapat menyesuaikan diri di negara lain atau lebih cocok ditempat yang baru, karena di lokasi lama telah berubah pola iklimnya.

c. Akses petani terhadap sumber genetik yang cocok

Akses petani terhadap kebutuhan bibit yang cocok, lebih baik dilakukan dengan sistem yang tidak sentralistik dan atau lebih baik dilakukan oleh pengumpul biji komersil yang informal dan selanjutnya didistribusikan melalui petugas-petugas lokal.

2. Adaptasi genetik lokal

Adaptasi genetik lokal berarti mengembangkan suatu jenis tertentu dengan jumlah tertentu secara eksitu (di luar habitatnya). Jumlah populasi efektif (N_e) adalah ukuran populasi ideal dengan sifat-sifat genetik yang sama seperti yang diamati pada populasi di alam. Nilai N_e dari jenis tertentu merupakan cerminan dari : a) jumlah individu dari spesies tertentu dalam suatu komunitas di alam atau buatan/tanaman; b) mempunyai level keragaman genetik yang tinggi; c) mempunyai "*natural out crossing*" dari jenis dominan; d) menghasilkan biji yang banyak dan e) pollen dan biji dapat menyebar jarak jauh, sehingga bisa terjadi penyerbukan jarak jauh. Adaptasi seperti di atas dapat dilakukan dengan mempertahankan dan meningkatkan ukuran populasi efektif (N_e).

3. Plastisitas jenis secara individual

Jenis pohon yang plastis adalah jenis yang punya morfologi dan fisiologi yang fleksibel dan dapat tumbuh baik pada kondisi minimum tanpa perubahan genetik (Gienapp *et al.* 2008 dalam Dawson *et al.*, 2011). Sebagai contoh, *Pinus patula* dan *P.tecunumanii* yang berasal dari Amerika Tengah, jenis ini tumbuh lebih baik dalam interval lingkungan yang lebih luas dibanding dengan persyaratan alamiahnya (van Zonneveld *et al.* 2009 dalam Naver *et al.* 2010). Jenis lain adalah seperti *Eucalyptus* dari Australia, saat ini sudah dapat dibudidayakan paling sedikit di 25 negara dengan kondisi yang lebih baik (Koskela *et al.*, 2009 dalam Naver *et al.*, 2010).

Keanekaragaman jenis pohon lokal dan eksotik dan tanaman pertanian dapat memperbaiki kelenturan (*resilience*) sistem pertanian terhadap perubahan lingkungan jika jenis tersebut mempunyai respon yang berbeda terhadap gangguan (Kind, *et al.* dan Steffan Dewertz *et al.* dalam Dawson, *et al.* (2011).

B. Agroforestri untuk Adaptasi

1. Agroforestri yang terkait dengan pemin- dahan germaplasma

Agroforestri seperti ini adalah merupakan koleksi jenis pohon dari hutan alam di sekitarnya atau dari daerah lain (eksotik species yang berasal dari daerah yang lebih kering), di mana berbagai jenis pohon dapat dicampur sesuai dengan komposisi di alam, dilapis kedua dapat ditanam pohon penghasil buah dan tanaman penghasil pangan atau rempah-rempah di lapisan ketiga.

2. Agroforestri yang terkait dengan adaptasi lokal

Model ini, mempunyai titik berat untuk meningkatkan nilai N_e = ukuran populasi

ideal/efektif dengan sifat genetik yang sama dengan yang ada di lapangan. Model ini menitikberatkan pada penanaman jenis-jenis pohon atau tanaman tertentu dengan tujuan jumlah ini sudah memenuhi syarat kesamaan genetik dengan ukuran populasi yang ada di alam. Contoh seperti ini dapat dilihat pada bentang lahan dengan sekelompok pohon yang mempunyai jenis sama, kelompok ini bisa menyebar secara terpisah dengan lainnya dengan jumlah anggota populasi yang relatif sama.

3. Agroforestri yang terkait dengan plastisitas

Model ini fokus pada budidaya jenis pohon yang dapat tumbuh pada berbagai kondisi yang lebih luas, atau mempunyai plastisitas yang tinggi, seperti *Pinus patula*, *P.tecunumanii* dan *Eucalyptus sp* (Dawson, *et al.*, 2011). Deskripsi dari ketiga jenis tersebut dapat dilihat pada uraian berikut.

Pinus patula adalah jenis asli dari Mexico , dapat tumbuh pada Lintang Utara dari 24 - 18 derajat dan pada altitude 1800-2700 m dari permukaan laut, tinggi mencapai 30 meter, tidak dapat bertahan pada suhu dibawah -10° C tetapi kadang-kadang tahan dibawah) 0° C, semi toleran kekeringan dengan curah hujan antara 750 mm-2000 mm, terutama di musim panas. Dapat ditanam pada daerah yang lebih tinggi sampai 3500 m dpl di Ekuador dan juga di daerah pantai di New South Wales, Australia (Wikipedia, the free ensiklopedia : http://en.wikipedia.org/wiki/Pinus_patula)

Pinus tecumanii tumbuh di daerah dataran tinggi Chiapas dan Oaxaca sampai ke bagian utara Nicaragua (17° to 14° LU). Tumbuh dengan 2 (dua) populasi terpisah secara alam , yang pertama pada ketinggian 1500-2900 m dan pada 500-1500 m dari permukaan laut. Jenis ini banyak dibudidayakan pada beberapa wilayah sub tropis untuk industri kertas. Percobaan budidaya menunjukkan bahwa yang bersumber dari ketinggian yang lebih

tinggi, lebih produktif dibandingkan dengan yang berasal dari dataran rendah. Tumbuh bagus di Colombia, Venezuela, Brazil dan Afrika Selatan (Wikipedia, the free encyclopedia: http://en.wikipedia.org/wiki/Pinus_tecumanii).

Eucalyptus spp. adalah jenis pohon yang berbunga (dengan sedikit jenis yang berupa herba), termasuk Famili, *Myrtaceae*. Anggota jenis ini didominasi dari flora Australia. Terdapat lebih dari 700 jenis *Eucalyptus*, paling banyak dari Australia, dan sejumlah kecil berasal dari sekitar New Guinea dan Indonesia dan satu jenis *Eucalyptus deglupta*, dari bagian selatan Philippines. Hanya 15 jenis dari luar Australia dan hanya 9 (sembilan) jenis yang ada diluar Australia. Jenis *Eucalyptus* telah dibudidayakan diseluruh areal tropis dan sub tropis termasuk Amerika, Eropa, Afrika dan Mediteranian Basin, Timur Tengah, China dan *Subcontinent India* (Wikipedia, the free encyclopedia : <http://en.wikipedia.org/wiki/Eucalyptus>)

IV. AGROFORESTRI UNTUK MITIGASI

Maness (2009) mengemukakan terdapat 3 (tiga) proses dimana pengelolaan hutan dapat mengurangi konsentrasi gas rumah kaca, yaitu: 1) Strategi perlindungan stok (melalui kegiatan konservasi, penundaan panen, pencegahan kebakaran dan pencegahan hama dan penyakit; b) Strategi penyerapan karbon (melalui kegiatan penanaman, peningkatan stok karbon, penggunaan kayu yang sudah diawetkan) dan c) Strategi penggunaan energi yang dapat diperbaharui, melalui produksi biomassa yang dapat diperbaharui untuk menggantikan energi fosil.

A. Peran Agroforestri Terhadap Mitigasi

Peran agroforestri dalam mitigasi dapat dilihat dari ketiga strategi di atas yaitu fungsi yang pertama sebagai penyerapan karbon, melalui penanaman campuran (jenis kayu pertukangan, pakan ternak, buah-buahan dan lain-lain). Kedua terhadap fungsi perlindungan stok terlihat pada pengurangan bahaya kebakaran dan serangan hama penyakit dengan pencampuran berbagai jenis tanaman dan yang ketiga terhadap fungsi pemanfaatan energi yang dapat diperbaharui, dengan tanaman jenis penghasil kayu bakar.

Dawson, *et al* (2011) merekomendasikan emisi karbon dapat dikurangi dengan penerapan agroforestri melalui campuran jenis pohon penghasil kayu, pakan ternak dan buah-buahan. Kaiser (2000) menyebutkan bahwa kegiatan agroforestri dapat menambah penyimpanan karbon lebih tinggi dibanding dengan lahan pertanian, lahan penggembalaan, hutan dan padang rumput masing-masing sebesar 390, 125, 240, 170 dan 38×10^{12} gram C per tahun (Tg C /tahun).

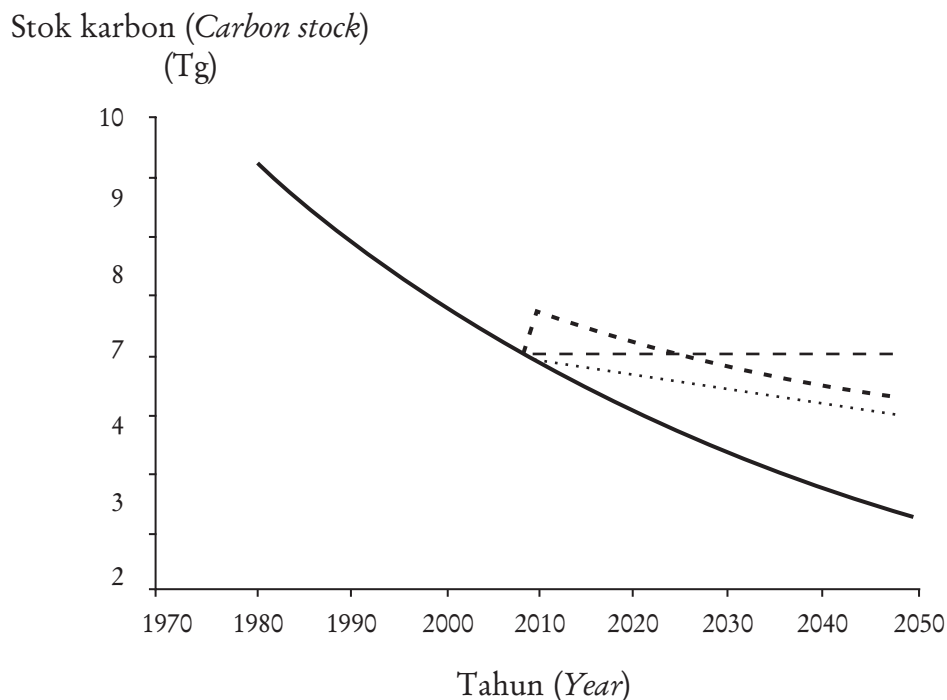
Oelbermann dan Voroney (2010) menyebutkan dalam penelitiannya bahwa sistem agroforestri di daerah tropis dan beriklim sedang menyimpan jumlah karbon dalam tanah lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman satu jenis. Peningkatan stok karbon dalam tanah juga dapat dilakukan dengan kegiatan-kegiatan manajemen lahan secara lestari seperti meminimalkan pengolahan lahan dan pemupukan kimia, penggunaan pupuk hijau, sisa tanaman, kompos, mulsa, tanaman penutup tanah dan pergiliran tanaman (LaI, 2004 dalam Oelbermann dan Voroney (2010).

Naver, *et al.* (2010) menyebutkan bahwa pengurangan emisi karbon dapat dilakukan dengan penerapan agroforestri pada areal/ lanskap yang terdeforestasi dengan jenis pohon yang dicampur dengan jenis penaung, pohon dengan daun pakan ternak dan buah-buahan.

B. Penerapan Agroforestri dalam Baseline dan Skenario Mitigasi

Navar, *et al.* (2010) dalam penelitiannya mengemukakan bahwa pengurangan emisi gas rumah kaca dapat dilakukan melalui 3 (tiga) skenario sebagai berikut : 1) Menghentikan

Pada Gambar 1 terlihat bahwa kegiatan agroforestri akan meningkatkan stok karbon di atas *baseline* sejak tahun 2010 sampai dengan 2050 yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kedua skenario lainnya (penghentian perubahan lahan hutan dan perubahan penutupan lahan hutan tanpa pengolahan hutan).



Keterangan (Remarks) :
 ---- = Tanpa perubahan penggunaan lahan (*No land use change*);
 = Kegiatan agroforestri di 1/4 area deforestasi (*Implementation of agrosilviculture in 1/4 deforested area*);
 = Deforestasi tanpa pengolahan lahan (*Continuation of deforestation with zero tillage practices*);

Gambar 1. *Baseline dan alternatif skenario stok karbon di hutan Tropis kering Morelos, Meksiko*

Figure 1. *Baseline and alternative practices scenarios in carbon stock of tropical dry forests in the state of Morelos, Mexico*

perubahan penggunaan lahan hutan; 2) Menerapkan praktek agroforestri di 1/4 areal yang terdeforestasi dan 3) Deforestasi tetap terjadi dengan tanpa pengolahan lahan di lahan terdeforestasi. Selanjutnya *baseline* dari ketiga skenario di atas dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah (Sumber : Navar, *et al.* 2010).

Pendekatan ini merupakan solusi yang lebih realistis dibandingkan dengan pandangan populer yang akan menghemat hutan dan mengintensifkan pertanian.

Stapleton (2011) menyebutkan bahwa pendekatan terpadu dalam pemanfaatan berbagai multifungsi lahan dapat menggunakan lahan untuk berbagai keperluan dalam pertanian,

kehutan dan fungsi lainnya dapat mengurangi emisi gas rumah kaca dan meningkatkan produksi pangan. Verchot, *et al.*, (2007) menyebutkan sistem agroforestri mengandung karbon 50 Mg-75 Mg C dibandingkan dengan tanaman pertanian < 10 Mg C per hektar. Perubahan tanaman pertanian atau padang penggembalaan menjadi agroforestri akan meningkatkan stok C pada *pool biomass* di atas tanah. Pilihan agroforestri sebagai alat adaptasi melalui model diversifikasi produk akan meningkatkan sistem kelestarian petani kecil. Hal yang paling dikhawatirkan dari perubahan iklim adalah pandangan petani kecil terhadap meningkatnya variasi curah hujan dan temperatur. Sistem agroforestri yang berbasis pohon akan mempunyai keuntungan baik pada tahun basah dan tahun kering, karena : i) perakaran yang dalam akan mampu menyerap air dan zat hara yang lebih besar hal ini akan membantu pada saat musim kering; ii) meningkatkan porositas tanah, mengurangi aliran permukaan dan meningkatkan penutupan tanah yang akan meningkatkan infiltrasi tanah dan retensi pada profil tanah akan mengurangi tekanan kelembaban selama tahun-tahun basah; iii) sistem yang berbasis pohon mempunyai kecepatan evaporasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman pertanian atau areal penggembalaan dan dapat mempertahankan kondisi aerasi tanah dengan pemompaan air berlebih dari profil tanah lebih cepat dibanding dengan sistem lainnya. Sistem agroforestri yang berbasis pohon akan menghasilkan produksi yang lebih tinggi dan baik dalam jumlah maupun nilai dibandingkan dengan tanaman pertanian, sehingga bisa menjadi alternatif pendapatan dikaitkan dengan variasi perubahan iklim (<http://www.ies.lbl.gov/iespubs/14verchot.pdf>).

Pendekatan ini merupakan solusi yang lebih realistis dibandingkan dengan pandangan populer yang akan menghemat hutan dan mengintensifkan pertanian. Penggunaan lahan secara bersama untuk hutan dan pertanian

akan mengurangi emisi gas rumah kaca dan meningkatkan produksi pangan lebih efektif dibandingkan dengan menghemat hutan dan intensifikasi pertanian.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Agroforestri dapat dikembangkan untuk memitigasi dan mengadaptasi perubahan iklim dengan alasan-alasan sebagai berikut:
a) Pencampuran jenis pohon penghasil kayu, buah dan lain-lain, merupakan salah satu model tanaman campuran, karena campuran jenis lebih baik dari tanaman sejenis; b) Pencampuran jenis yang didasarkan pada sifat toleransi (*canopy* dan *understory*), akan memanfaatkan seluruh cahaya untuk fotosintesa; c) Pencampuran perbedaan umur; d) Penggabungan nilai ekonomi, sosial dan budaya sehingga perubahan vegetasi dapat berjalan seiring dengan perubahan sosial dan budaya secara berangsur yang dapat disesuaikan dengan perubahan iklim dan e) Dapat digunakan sebagai model untuk memfasilitasi perubahan kelompok vegetasi menjadi kelompok yang baru (adaptasi), seperti teori perubahan vegetasi melalui perladangan berpindah-pindah yang teratur.
2. Proses adaptasi dengan peningkatan daya tahan (*resistancy*), peningkatan daya lentur (*resilience*) dan mendorong/membantu migrasi (*migration*) jenis-jenis dapat dilakukan melalui pengembangan model agroforestri.
3. Agroforestri dapat diusulkan sebagai kompensasi bagi masyarakat yang terkena dampak langsung atau tidak langsung dari kegiatan-kegiatan implementasi pengurangan emisi gas rumah kaca.
4. Agroforestri dapat diajukan sebagai salah satu alternatif mitigasi dan adaptasi untuk mendapatkan insentif dalam mengatasi perubahan iklim.

DAFTAR PUSTAKA

- Dawson, I.K; B. Vinceti; J.C. Weber; H. Neufeldt; J. Russel; A.G. Leengkek; A. Kalinganire; R. Kindt; J.P.B. Lilleso; J. Rhosetko and R. Jamnadas. 2010. Climate change and tree genetic resources management : Maintaining and Enhancing the productivity and value of smallholder tropical agroforestry Landscapes. A review. *Agroforestry System* (2011). Published online, 20 April 2010. Springer-Science Business Media 2010.
- IPCC. Working Group Discussion : Climate Change 2007 : Working Group III : Mitigation of Climate Change.
- IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change.
- Kaiser, J. 2000. Rift Over Biodiversity Divides Ecologist. *Science* 289. p: 1282-1283.
- Malmsheimer, RW; P. Heffernan; S. Brink; D. Crandall; F. Deneke; C. Galik; E. Gee; J.A. Helm; N. Mac Clure; M. Mortimer; S. Ruddell; M. Smith and J. Stewart. 2008. Forest Management Solutions for Mitigating Climate Change. *Journal of Forestry* Volume 106 Number 3. p:115-173. Society of Americans Foresters Task Force Report. Grosvenor Lane, Bethesda, Maryland USA.
- Maness, T.C. 2009. Forest Management and Climate Change Mitigation : Good Policy Requires Careful Thought. *Journal of Forestry* April/May 2009 pp: 119-124. A Society of American Foresters. Grosvenor Lane, Bethesda, Maryland USA.
- Naver, J; J.A. Estrada-Salvador and E. Estrada-Castrillon, 2010. The effect of land use change in the tropical dry forest of Morales, Mexico on Carbon Stock and Fluxes. *Journal of Tropical Forest Science* Volume 22 No 3, 2010. Pp. 295-307. Institut Perhutanan Malaysia.
- N'Klo, Q.; D. Louppe and F. Bourge, 2011. Is Agroforestry a suitable response to climate change? CIRAD.
- Oelbermann, M. and R.P. Voroney, 2010. An evaluation of the century model to predict soil organic carbon : examples from Costa Rica and Canada. *Agroforestry System* (Published online, 13 October 2010). Springer Science + Business Media B.V. 2010.
- Sanchez, P.A. 2000. Linking climate change research with food security and poverty reduction in the tropics. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 82, Number 1, December 2000, pp. 371-383 (13) Elsevier.
- Stapleton, P. 2011. Integrating agriculture and forestry in the landscape is key to REDD diunduh tanggal 14 Juni 2011 jam 11.00) di www.eurekalert.org/pub_releases/2011-06/wac-iaa060911.php.
- Science, 2011. Climate Change : Forcing plants, animals to higher elevation ([http://www.ibtimes.com/art/serviceoleh_ibtimes_staff_reporter_tanggal_21_Agustus_2011_jam_4.52_PM_EDT ; diunduh tanggal 23 Agustus 2011 jam 23 WIB](http://www.ibtimes.com/art/serviceoleh_ibtimes_staff_reporter_tanggal_21_Agustus_2011_jam_4.52_PM_EDT_diunduh_tanggal_23_Agustus_2011_jam_23_WIB)).
- UNFCCC. 2010. The Cancun Agreements : An Assessment by the Executive Secretary of the United Nations Framework Convention on Climate Change. Key Steps of the United Nations Climate Change Conference.
- Verchot, L.V., Meine Van Noordwijk, Serigne Kandji, Tom Tomich, Chin Ong, Alan Albrecht, Jens Mackensen, Cynthia Bantilan, V. Anupama and Cheryl Palm. 2007. Climate Change : linking adaptation and mitigation through agroforestry. *Mitig Adapt Strat Glob Change* (12) : 901-918. DOI 10.1007/s11027-007-9105-6. ([Http://www.ies.lbl.gov/iespubs/14verchot.pdf](http://www.ies.lbl.gov/iespubs/14verchot.pdf).) Diunduh tanggal 14 September 2011.